



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 24 903 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 16 C 3/02**

⑳ Aktenzeichen: 195 24 903.8  
㉔ Anmeldetag: 8. 7. 95  
㉕ Offenlegungstag: 30. 4. 97

DE 195 24 903 A 1

㉑ Anmelder:  
Institut für Kraftfahrwesen RWTH Aachen, 52074  
Aachen, DE

㉒ Erfinder:  
Wallentowitz, Henning, Prof. Dr.-Ing., 52078 Aachen,  
DE; Steinacker, Tobias, Dipl.-Ing., 52062 Aachen, DE

⑤4 Wellenförmige Kraftübertragungseinrichtung in faserverstärkte Rahmenstrukturen sowie Verfahren zu ihrer  
Herstellung

DE 195 24 903 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Kraftübertragungseinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren zu seiner Herstellung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 6 und 7.

In letzter Zeit sind zahlreiche Versuche unternommen worden, eine optimale Kraftüberleitung von metallenen Bauteilen auf faserverstärkte Kunststoff-Bauteile zu gestalten. Die Mehrzahl der veröffentlichten Fälle gestattet jedoch nur die optimale Überleitung von Torsionsmomenten, andere Konstruktionen sind lediglich für die Übertragung von Zug/Druck Kräften ausgelegt.

Die Erfindung bezieht sich auf eine metallene Kraftübertragungseinrichtung, die es erlaubt Kräfte in ein hohles Bauteil aus faserverstärktem Kunststoff zu übertragen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Dabei können alle denkbaren Belastungen, also Zug/Druck, Biegung und Torsion optimal übertragen werden. Aus rohrförmigen Bauteilen lassen sich Knotenstrukturen und Rahmentragwerke für die unterschiedlichsten Konstruktionen aus faserverstärktem Kunststoff erstellen. Besondere Verwendung finden derartige Kraftübertragungseinrichtungen im Fahrzeugbau als Krafteinleitung in Fahrwerksteile aus faserverstärktem Kunststoff.

In der DE-OS 28 51 293 ist eine Antriebswellenkonstruktion beschrieben, die ein aus glasfaserverstärktem Kunststoff bestehendes Hohlwellenteil aufweist, in dessen Enden metallische Buchsen festgelegt sind, welche die Form eines zylindrischen Ringes aufweisen und von dem Hohlwellenteil mit je einer radial gerichteten Fläche vorragen, an welche das Jochteil eines Kardangelkes oder ein zu dessen Schweißverbindung eingerichtetes Übergangsglied angeschweißt ist.

Die Verbindung zwischen dem aus faserverstärktem Kunststoff bestehenden Wellenteil und den in dessen Enden festgelegten Anschlußbuchsen ist vorwiegend kraftschlüssig, aufgrund der Adhäsionskraft des im ungehärteten Zustand um deren Außenfläche gewickelten faserverstärkten Kunststoffmaterials nach dessen Erhärtung. Der Zusammenhalt dieser Teile kann ferner durch die Ausbildung einer ringförmigen, radial abstehenden Rippe an jeder dieser Buchsen sowie gegebenenfalls durch warzenartige Vorsprünge ihrer Oberfläche und diesen sowie der Rippe angepaßten Innenform des Hohlwellenteiles erhöht werden. Es wurde jedoch gefunden, daß diese Einbindung der Anschlußbuchsen an den für den Dauerbetrieb einer solchen Antriebswelle mit den hierbei unvermeidlichen Wechselbelastungen und Vibrationen unzureichend, und daher die Lebensdauer der so ausgestalteten Antriebswellen relativ gering ist. Darüber ist die abrupte Durchmesserverringern des Hohlwellenteils etwa am inneren Ende jeder seiner Anschlußbuchsen für den stetigen Kraftschluß von dem einen zum anderen Ende der Welle für deren mechanische Festigkeit unzutraglich, was die übertragbare Leistung vermindert, bzw. im Extremfall zum Bruch der Antriebswelle an diesen Stellen führen kann.

In der DE-29 51 629 ist ein rohrförmiges Bauelement aus faserverstärktem Kunststoff mit darin eingebundenen Endstücken aus Metall gezeigt und beschrieben. Die Endstücke werden auf einen verlorenen Dorn aufgesteckt und mit dem faserverstärktem Kunststoff bewickelt. Zur besseren Kraftübertragung weisen die Hülsefortsätze der Endstücke ebenfalls ein Gewinde, Rändelung, Wellungen, Zahnungen oder eine Ringnut auf. Diese Konstruktion behält über der Länge des faserverstärkten Kunststoffes einen konstanten Durchmesser

bei. Sie hat jedoch den Nachteil, daß sie hinsichtlich der Konstruktion und der Fertigung recht aufwendig ist, ein relativ hohes Gewicht besitzt und lediglich für die Übertragung von Torsionsmomenten ausgelegt ist. Zur Herstellung der Verbindung zwischen dem Endstück und dem Jochteil eines Kreuzgelenkes ist eine Löt- oder Schweißverbindung erforderlich, die an der stirnseitigen Endfläche des vorragenden äußeren Zylinderabschnittes jedes der Endstücke angebracht wird. Dadurch ergibt sich ein weiterer fertigungstechnischer Aufwand und eine nicht vorteilhafte thermische Belastung des bereits aufgetragenen faserverstärkten Kunststoffes.

Es ist ebenfalls aus der DE-PS 30 27 432 bekannt die Kraftübertragung von Endstücken durch die Ausbildung einer Ringwölbung und einer Riefelung auf den Hülsefortsätzen zu erhöhen, wobei sich das Querschnittsprofil zu einem maximalen Wert erweitert und anschließend gegen das Welleninnere bis auf einen Nullwert verjüngt. Zusätzlich sind hier noch umfänglich verteilte Stifte angebracht, die in geneigter Schräglage zur Führung der Faserverbände oder Rovings beim Aufwickeln rutschfeste Umkehrpunkte festlegen und vorzugsweise in Sackbohrungen eingesteckt werden oder in Gewindebohrungen eingedreht werden. Bei einem Bohrungsdurchmesser zwischen 60 und 80 mm sind wenigstens 24, vorzugsweise 32 Verankerungsstifte pro Hülsefortsatz vorgesehen, die alle einzeln montiert werden müssen, was einen enormen Aufwand in der Fertigung darstellt. Auch hier kann nicht auf eine Schweißverbindung zum Anschluß eines Jochteiles eines Kreuzgelenkes verzichtet werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kraftübertragungseinrichtung der eingangs genannten Art derart zu gestalten, daß mit geringem Materialaufwand und entsprechendem Leistungsgewicht möglichst große Kräfte sicher und dauerhaft übertragen werden können und die Probleme der obengenannten Art auf ein Mindestmaß verringert werden, wozu insbesondere die Ausbildung des Innenabschnitts der Endstücke - sowohl zur Seite der Welle, als auch zur Verbindungseinrichtung hin - gehört. Damit sollen die mit der Kraftübertragungseinrichtung übertragbaren Kräfte und die Lebensdauer mindestens ebenso groß sein, wie jene von vergleichbaren Metallausführungen. Außerdem soll der Aufwand in der Fertigung so gering wie möglich gehalten werden, so daß derartige Bauteile auch in der Großserie wirtschaftlich produziert werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen der Ansprüche 1 bis 7 gelöst. Sie betreffen im wesentlichen die Ausbildung der Endstücke und ihre Einbindung in die Faser-Kunststoff-Bewicklung. Die Ansprüche 3 und 4 betreffen die Ausbildung des Innenabschnitts des Endstücks. Anspruch 6 und 7 beinhalten den Herstellungsprozeß.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß für eine dauerhafte feste Einkapselung der Endstücke in den Endbereichen des rohrförmigen faserverstärkten Kunststoffbauteiles über die sich aus dem Herstellungsverfahren zwangsläufig ergebende kraftschlüssige Verbindung zufolge der Adhäsionskraft des aufgetragenen faserverstärkten Kunststoffmaterials hinaus auch noch eine möglichst umfassende formschlüssige Einbindung der Endstücke in dieses erforderlich ist, dergestalt, daß Zug/Druck, Biegung und Torsion schadlos aufgenommen werden können. Hierzu kommt ferner die Erkenntnis, daß die Kraftübertragung optimal durch einen stetigen Kraftfluß ohne Spannungsspitzen gewährleistet ist, der durch entsprechende Gestaltung und allmählichen

Übergang der Endstücke auf den Querschnitt des rohrförmigen Hauptbauteiles bewirkt wird. All dies bringt die Vorteile einer erhöhten Festigkeit, Dauerbelastbarkeit und Bruchsicherheit dieser Kraftübertragungseinrichtung bei geringem Gewicht desselben sowie die Möglichkeiten einer äußerst wirtschaftlichen Fertigung mit sich. Frühere Vorschläge zur Befestigung der Endstücke unter Verwendung von Klebern oder durch Herumwickeln der Filamentbündel um umfangsmäßig angeordnete Nuten an der Endstückaußenfläche können hier nicht herangezogen werden, um eine Verbindung der erforderlichen Festigkeit und Dauerhaftigkeit zu gewährleisten.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß ein metallenes Endstück auf den als verlorenen Dorn dienenden, beispielsweise Hartschaumkern, aufgesetzt und ein Fasermaterial auf den Dorn und die Außenfläche des inneren Abschnittes des Endstückes vorzugsweise durch das Wickelverfahren aufgebracht. Dabei trägt die sinusförmige Wellenform und der quadratische Querschnitt des äußeren Innenabschnitts zur dauerhaften Haltbarkeit und zur höheren Belastbarkeit des Bauteils bei. Anschließend erfolgt die Tränkung der Fasern mit dem Harz vorzugsweise durch das Harzinjektionsverfahren (RTM) oder aber durch das Vakuumsackverfahren, bei einer thermoplastischen Matrix kommen aufgrund der hohen Viskosität nur Prepregs zum Einsatz.

Vielfach ist eine direkte On-line Tränkung möglich. Häufig wird auch die Fertigungsgeschwindigkeit durch die Tränkgeschwindigkeit begrenzt, so daß eine nachträgliche Tränkung vorteilhafter ist. Das RTM-Verfahren gilt als ein einfach zu handhabendes und serientaugliches Fertigungsverfahren, wodurch eine schnelle preiswerte Produktion von Serienbauteilen mit hoher Qualität vorgenommen werden kann, ohne daß große Investitionen vorgenommen werden müssen. Daher kann das RTM-Verfahren als eine gute Ergänzung zum beschriebenen Wickelverfahren angesehen werden.

Anschließend kann in einem weiteren Fertigungsgang eine radiale Verstärkungswicklung aus faserverstärktem Kunststoff über dem inneren Abschnitt des Endstückes angebracht werden, woraufhin der Kunststoff aushärtet. Sie dient dazu die Zeitsicherheit und somit das Kriechen der Matrix unter einer Belastung zu mindern oder zu verhindern.

Nachstehend ist die Erfindung anhand eines in der Zeichnung veranschaulichten Ausführungsbeispiels, unter Angabe weiterer Merkmale, Einzelheiten und Vorteile derselben näher erläutert, wobei in der Zeichnung gleiche Bezugsziffern gleiche Bauteile kennzeichnen. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 im Längsschnitt das Ende einer Kraftübertragungseinrichtung nach der Erfindung und

Fig. 2 einen Querschnitt nach der Linie A-A in Fig. 1.

Die gezeigte Kraftübertragungseinrichtung weist einen rohrförmigen Hauptteil 1 aus faserverstärktem Kunststoff auf, der einen vorgefertigten, permanent eingebetteten Kern aus einem Kunststoff in vollen Standardlängen, insbesondere einem Hartschaumstoff, z. B. Polyurethan oder Polystyrolschaum, also in der Form eines leichtgewichtigen Zylinders oder auch in rohrförmigen Standardlängen einen Hohlorn aus Leichtmetall, Kunststoff oder Hartpapier, also in der Form einer langen dünnen Hülse umfaßt.

Das Hauptteil 1 besteht aus mehreren Lagen hochfester, in einer Matrix aus durch Wärmeeinwirkung gehärtetem Kunststoff oder einem thermoplastischen

Kunststoff eingebetteter Fasern, vorzugsweise aus Kohlenstoff, Glasfasern oder synthetische Fasern, die im Zuge der Fertigung in an sich bekannter Weise auf den Hartschaumkern 2 aufgebracht, insbesondere aufgewickelt werden. Dabei umschließt die Bewicklung den inneren Bereich 4 der Endstücke 3. Diese Endstücke 3 sind im Querschnitt als vorzugsweise rotationssymmetrische zylindrische Körper oder als quadratische Körper aus Metall (Stahl, Alu, Titan oder Magnesium), mit je einem inneren und einem äußeren Zylinderabschnitt 4 bzw. 5 unterschiedlichen Außendurchmessers ausgebildet.

Der innere Zylinderabschnitt 4 des Endstücks besitzt zur Herstellung der innigen Verbindung zwischen dem Metall und dem faserverstärkten Kunststoff an den Innenbereichen 4 sinusförmige Wellungen 7, von denen bei einem Durchmesser des Hauptteiles von 80mm vorzugsweise 4 Wellenlängen mit einer Amplitude von 5 mm ausgebildet sind. Bei anderen Ausführungsformen mit unterschiedlichen Durchmessern kann die Anzahl der Wellen und Amplituden variieren.

In bevorzugter Ausführungsform sind der innere Zylinderabschnitt 4 jedes der Endstücke 3 mit sich im Längsschnitt gegen sein inneres Ende bis auf ein Mindestmaß konisch verjüngendes Profil, und jedes der Enden des Hartschaumkernes 2 diesem Profil entsprechend, ebenfalls konisch ausgebildet, und von dem Endbereich des betreffenden Zylinderabschnittes der beiden Endstücke 3 vollständig umfaßt. Dadurch ergibt sich der vorausgehend beschriebene feste Sitz der Endstücke 3 auf dem Hartschaum 2 vor und während des Wickelvorgangs zum Aufbau des Hauptteiles 1 aus faserverstärktem Kunststoff, nach dessen Erhärtung jedes derselben in dieser vorgegebenen Lage dauerhaft verbleibt und so eine untrennbare Einheit genau vorgegebene Gesamtlänge bildet. Die Verwendung des Hartschaumes hat in diesem Zusammenhang den besonderen Vorteil, daß sie als Wickeldorn verwendet sich in hohen Stückzahlen besonders wirtschaftlich erstellen lassen und bei ausreichender mechanischer Festigkeit ein besonders niedriges Eigengewicht besitzen.

Im Verlaufe der Herstellung einer bevorzugten Ausführungsform der Kraftübertragungseinrichtung wird ein metallisches Endstück 3 mit der konisch sich verjüngenden ausgebildeten inneren Öffnung auf den Hartschaumkern 2 in Längsrichtung aufgesteckt. Das Endstück umschließt den Hartschaumkern bündig und fest genug, um den Belastungen des Wickelprozesses standzuhalten. Ein geeignetes Klemmittel hält die Endstücke an ihrem Platz. Das rohrförmige Hauptbauteil 2 wird dann um den Hartschaumkern und die Hülse herum aufgebaut.

Der Aufbau des Hauptbauteiles erfolgt vorzugsweise durch das Wickelverfahren in an sich bekannter Weise. Kurz gesagt werden Schichten eines Fasermaterials aufgebracht, welche aus miteinander verflochtenen oder verwebten Endlosfilamenten oder auch vorkonfektionierten Bändern wie Gelege, Gewirke, Gestricke oder WIMAG bestehen. Diese Bänder können beliebige Breiten und Faserorientierungen vorweisen. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis sich mehrere Schichten der gewünschten Gesamtdicke ausgebildet haben. Anschließend wird ein nicht ausgehärtetes Harzmaterial, beispielsweise Epoxid-Harz, oder ein thermoplastischer Kunststoff aufgetragen, wenn keine on-line Tränkung vorgenommen oder Prepregs verwandt wurden.

Die hier verwendete Bezeichnung "Schicht" kenn-

zeichnet einen Umfangsbereich in der Wand dem rohrförmigen Hauptbauteil, in dem die Faserverstärkung in einer spezifischen Konfiguration angeordnet ist und sich von den benachbarten Bereichen hinsichtlich der Konfiguration und/oder der Zusammensetzung der Faserverstärkung unterscheidet. Eine einzige Schicht kann eine Mehrfachorientierung oder einen Mehrfachaufbau der Faserverstärkung in einer gegebenen Konfiguration aufweisen. Der Ausdruck "Schicht" umfaßt eine Orientierung, bei der die darin befindliche Faserverstärkung, die beliebig in mehreren Schritten aufgebaut sein kann.

Für die unterschiedlichen Belastungsarten sind geeignete Halbzeuge einzusetzen.

Selbstverständlich kann jede Anzahl von Schichten aufgebracht werden, und zwar unter verschiedenen Winkeln und mit unterschiedlicher Dicke, in Abhängigkeit von den gewünschten Eigenschaften des Bauteils.

Die Fasern verstärken die Harzmatrix und verleihen dem Bauteil die erforderlichen Eigenschaften bezüglich Festigkeit, Steifigkeit und Haltbarkeit. In dieser Beziehung sind Kohlenstoffasern bevorzugt, sie enthalten im allgemeinen mindestens 90 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 95 Gew.-%, Kohlenstoff.

Das Aufbringen der Ringwicklung 6 im Bereich des inneren Abschnittes 4 kann in bevorzugter Herstellungsweise noch während des Herstellungsvorganges erfolgen, so daß sie zusammen mit der Hauptwicklung mittels eines Tränkungsverfahrens mit Harz versehen wird. In einer anderen Herstellungsweise kann die Ringwicklung auch noch nach dem Aushärten des Hauptbauteiles erfolgen. Die radiale Faserwicklung wirkt dem Kriechen des Kunststoffes aufgrund der Belastung entgegen und ermöglicht so eine dauerhafte Haltbarkeit der Kraftübertragungseinrichtung. Dabei handelt es sich um einen kohlefaserverstärkten Kunststoff, welcher unter einem Winkel von 90° aufgetragen auf das Hauptbauteil 1 aufgebracht wird.

Weiterhin ist es wesentlich, daß der verstärkte Bereich nicht abrupt endet, sondern daß sich die Radialwicklung kontinuierlich auf die Wandstärke des Hauptbauteiles 1 reduziert, damit Spannungsspitzen vermieden werden.

Wenn kein one-line Tränkverfahren angewendet wurde, kann anschließend der duroplastische Kunststoff durch das Harzinjektionsverfahren (RTM) oder das Vakuum sackverfahren aufgebracht und gehärtet werden. Der thermoplastische Kunststoff würde direkt durch die Verwendung von Prepregs aufgebracht.

Der äußere Abschnitt des metallenen Endstückes 5 dient zur Herstellung der Verbindung mit den übrigen metallenen Anschlußteilen, wofür insbesondere die eine Verschraubung aufnehmenden Bohrungen 8 dienen.

#### Bezugszeichenliste

- 1 rohrförmiges Hauptbauteil aus FVK
- 2 Hartschaumkern
- 3 metallenes Endstück
- 4 innerer Abschnitt des metallenen Endstückes
- 5 äußerer Abschnitt des metallenen Endstückes
- 6 radiale Faser-Kunststoff-Wicklung
- 7 Wellungen
- 8 Bohrungen.

#### Patentansprüche

1. Kraftübertragungseinrichtung, bestehend aus einem rohrförmigen Hauptteil (1) aus mit einer Viel-

zahl von aneinander haftenden Schichten eines ausgehärteten faserverstärkten Matrixmaterials, das auf einen Kern aus Hartschaum (2) gewickelt ist, und in das mindestens an einem Ende ein metallenes Endstück (3) fest formschlüssig integriert ist, wobei das Endstück mit einem inneren und einem äußeren Zylinderabschnitt (4 bzw. 5) ausgebildet ist und der Außenabschnitt aus der Faser-Kunststoff-Wicklung vorragt, welcher eine Verbindung zu weiteren Bauteilen herstellt.

2. Kraftübertragungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Innenabschnitt des Endstücks (4) den gleichen Außendurchmesser wie der Hartschaumkern (2) hat, wobei der Schaumstoffkern vor dem Aufbringen des faserverstärkten Kunststoffes in die sich mit konisch verjüngendem Profil ausgebildete innere Öffnung des Endstücks (3) eingesteckt wird.

3. Kraftübertragungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandstärke des Innenabschnitts des Endstücks (4) zum Außenabschnitt (5) hin stetig zunimmt und schließlich bei einer Ausführungsform in volles Material übergeht.

4. Kraftübertragungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenfläche des Innenabschnitts (4) des Endstücks mit sinusförmigen Wellungen (7) und einer rechteckigen oder elliptischen Querschnittsform ausgestattet ist. Die Wellungen und die rechteckige Querschnittsform können optional zur Erhöhung der übertragbaren Lasten angebracht werden.

5. Kraftübertragungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die über dem Innenabschnitt (4) liegende Faser-Kunststoff-Wicklung gegenüber der Bewicklung im Hauptteil (1) durch eine zusätzliche unidirektionale radiale oder eine helixförmige FVK-Ringwicklung verstärkt ist, welche während des Herstellprozesses auf das Bauteil (1) aufgebracht wird und so einem vorzeitigen Versagen des Bauteils durch Kriechen der Matrix entgegenwirkt.

6. Verfahren zur Herstellung einer Kraftübertragungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das metallische Krafteinleitungselement vorzugsweise durch ein Gußverfahren aus Metall hergestellt wird.

7. Verfahren zur Herstellung einer Kraftübertragungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Hartschaumkern in das Endstück eingesteckt wird und ein nicht ausgehärtetes Harzmaterial und tragendes Fasermaterial auf den Hartschaumkern und die Außenfläche des Innenabschnitts des Endstückes aufgebracht und ausgehärtet wird, wobei unter Anwendung des Wickelverfahrens die vorkonfektionierten Wickelbänder in Abhängigkeit von der Belastungsart eingestellt werden.

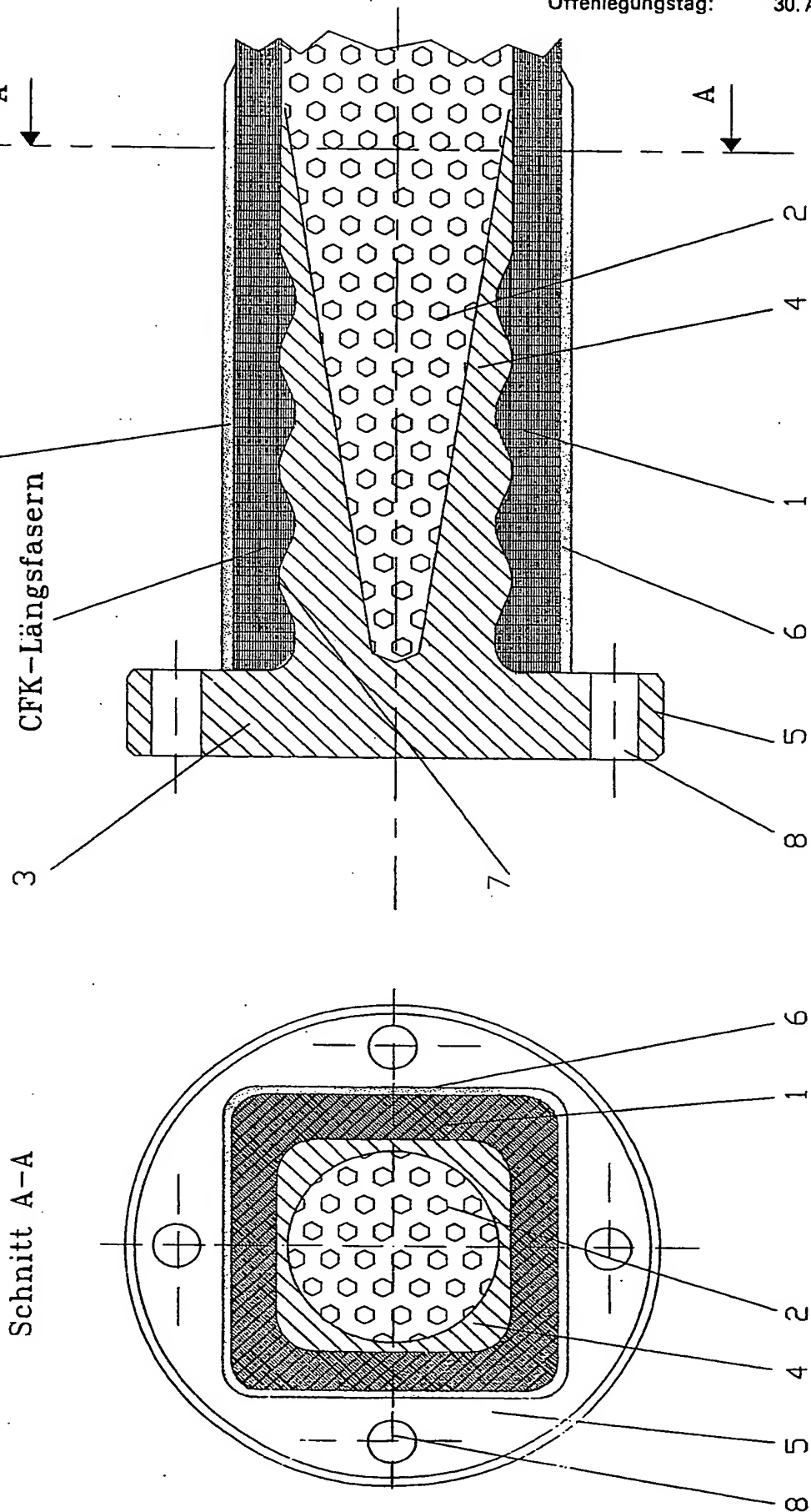
Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

CFK-Ringwicklung

CFK-Längsfasern

Schnitt A-A



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**